



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 195 15 879 C 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>  
F 02 K 9/52

21 Aktenzeichen: 195 15 879.2-13  
22 Anmeldetag: 29. 4. 95  
43 Offenlegungstag: —  
46 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 20. 6. 98

DE 195 15 879 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Daimler-Benz Aerospace Aktiengesellschaft, 80804  
München, DE

72 Erfinder:

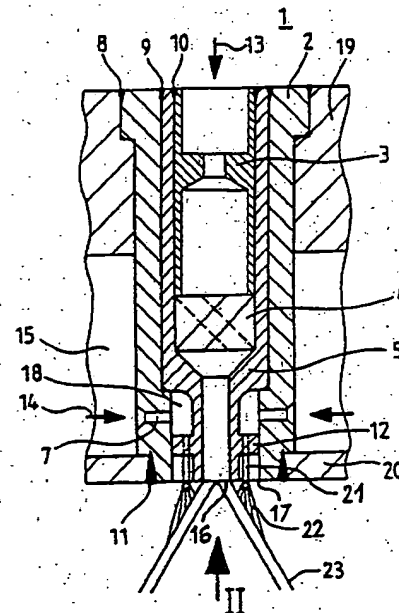
Schmidt, Günther, Prof. Dr.-Ing., 82024 Taufkirchen,  
DE; Haeseler, Dietrich, Dipl.-Ing., 82024 Taufkirchen,  
DE

58 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 43 05 154 C1

54 Einspritzelement in Koaxialbauweise für Raketenbrennkammern

57 Einspritzelement in Koaxialbauweise für Raketenbrennkammern und für Betrieb mit zwei Treibstoffen, wovon mindestens einer nur schwer in Tropfen zerfällt, mit einem Zentralkörper für den leichter zerfallenden Treibstoff (Oxidator), dessen Strömungskanal am Austritt eine kegelförmige Tropfenverteilung erzeugt, mit einer den Zentralkörper unter Bildung eines ringförmigen Strömungskanals für den schwerer zerfallenden Treibstoff (Brennstoff) konzentrisch umgebenden Hülse und mit einem diesen Treibstoffstrom in mehrere Einzelströme aufspaltenden Strömungsteiler. Der Strömungsteiler weist eine gerade Anzahl gleichmäßig um den Zentralkörper herum verteilter, paarweise im Sinne einer Prallzerstäubung ("Impinging") zusammenwirkender Durchtrittskanäle auf, wobei die Achsen jeweils zweier benachbarter Durchtrittskanäle sich stromabwärts des Strömungsteilers und stromaufwärts ihrer Auftreffpunkte auf dem aus dem Zentralkörper austretenden Treibstoffkegel schneiden.



DE 195 15 879 C 1

Die Erfindung betrifft ein Einspritzelement in Koaxialbauweise für Raketenbrennkammern und für Betrieb mit zwei Treibstoffen, wovon mindestens einer infolge niedrigen Dampfdruckes und/oder hoher Oberflächenspannung nur schwer in Tropfen zerfällt, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches.

Einspritzelemente in Koaxialbauweise für Raketenbrennkammern sind in einer Vielzahl von Ausführungen bekannt. Eine besonders aktuelle Version ist in der DE-PS 43 05 154 beschrieben, welche hinsichtlich ihrer Merkmale mit den konstruktiven Aspekten im Oberbegriff der vorliegenden Erfindung übereinstimmt. Das in dieser Schrift behandelte Einspritzelement weist — ebenfalls — einen Zentralkörper auf, dessen Strömungskanal am Austritt eine kegelförmige Treibstoffverteilung (Oxidator) in einer Vielzahl einzelner Tropfen erzeugt.

Eine Hülse umgibt den Zentralkörper bereichsweise in radialem Abstand konzentrisch, wodurch ein zweiter, koaxialer und ringförmiger Strömungskanal für den zweiten Treibstoff (Brennstoff) gebildet wird. In diesem koaxialen, ringförmigen Strömungskanal ist ein Strömungsteiler angeordnet, welcher den Treibstoffstrom in mehrere, mengengleiche Einzelströme aufspaltet. Zu diesem Zweck sind feine Schlitz radial von außen beispielsweise 1 mm tief in den Strömungsteiler eingearbeitet, z. B. eingesägt, deren Breite dabei nur etwa zwei Zehntelmillimeter beträgt, und welche somit fertigungstechnisch sehr anspruchsvoll sind (enge Toleranzen etc.). Aus diesen Schlitzten treten die Brennstoffstrahlen axial und parallel zueinander aus und treffen einzeln auf den Oxidatorspritzkegel, mit welchem sie sich dann vermischen.

Die beschriebene Form der Treibstoffaufbereitung ist ausdrücklich für hypergole Treibstoffe vorgesehen, welche bei Kontakt spontan und heftig miteinander reagieren.

Es ist zu erwarten, daß selbst diese aufwendige Variante des Koaxialprinzips nicht vollkommen zufriedenstellend arbeitet, wenn zumindest der durch den Strömungsteiler geförderte Brennstoff infolge seiner physikalischen Eigenschaften (Dampfdruck/Oberflächenspannung) — ausgehend vom flüssigen Zustand — nur unwillig in Tropfen zerfällt bzw. verdampft. Dies ist bei den Brennstoffen nicht — hypergoler Treibstoffkombinationen öfter der Fall.

In solchen Fällen wird gerne auf eine mechanische Aufbereitung im sogenannten "Impinging-Verfahren" ("Pralleinspritzung") zurückgegriffen, bei dem einzelne, feine Treibstoffstrahlen im Winkel gegeneinander gespritzt werden. Dabei werden — unter Abweichung vom Koaxialprinzip — sowohl der Brennstoff als auch der Oxidator in feinstrahliger Form schräg gegeneinander gespritzt, wobei Anordnungen mit zwei bis fünf (oder mehr) Spritzbohrungen je Element verwendet werden. Nachteilig bei diesem Verfahren sind der eher stochastische Strahlenzerfall in Tröpfchen beim Aufprall, die große Anzahl "vagabundierender" Tropfen und somit eine starke Wechselwirkung zwischen den einzelnen Elementen. Daraus resultieren eine hohe Empfindlichkeit auf Verbrennungsschwingungen und eine schlechte Skalierbarkeit für unterschiedliche Schubklassen über die Zahl der Elemente.

Diese Nachteile wiederum sind in der Regel bei Koaxial-Einspritzsystemen nicht gegeben.

Angesichts dieser bekannten Lösungen mit ihren spe-

zifischen Nachteilen besteht die Aufgabe der Erfindung darin, ein Einspritzelement für in flüssigem Ausgangszustand in Raketenbrennkammern einzubringende Oxidator-Brennstoff-Kombinationen mit wenigstens einer nur schwer in Tropfen zerfallenden bzw. verdampfenden Komponente zu schaffen, welches bei guter, mechanischer Aufbereitung beider Komponenten alle bekannten Vorteile des Koaxialprinzips beibehält, wie z. B. eine hohe Sicherheit gegen Verbrennungsschwingungen und eine einfache Skalierbarkeit (Schubeinstellung) über die Zahl der Elemente.

Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches genannten Merkmale gelöst, in Verbindung mit den gattungsbildenden Merkmalen in dessen Oberbegriff.

Das erfindungsgemäße Einspritzelement ist also in Koaxialbauweise ausgeführt, wobei der schwerer zerfallende/verdampfende Treibstoff, in der Regel der Brennstoff, durch den äußeren, koaxialen Ringkanal geleitet wird. Mit Hilfe eines dort angeordneten Strömungsteilers mit paarweise im Winkel auf je einen gemeinsamen Schnittpunkt gerichteten, gleichmäßig um den Zentralkörper herum verteilten Durchtrittskanälen wird der "trägere" Treibstoff — ausgehend von einem großen, ringförmigen Strömungsquerschnitt — in eine gerade Anzahl feiner Strahlen aufgeteilt und stromabwärts des Strömungsteilers durch Aufeinanderprallen je zweier Strahlen ("Impinging") weiter aufbereitet. Die dabei entstehenden Tröpfchenfächer treffen dann — weiter stromabwärts — auf den aus dem Zentralkörper austretenden Treibstoffkegel, in der Regel den Oxidator. Auf diese Weise wird ein ausreichend feines und homogenes Treibstoffgemisch für eine optimale Verbrennung bereitgestellt.

Die Erfindung wird anschließend anhand der Zeichnungen noch näher erläutert. Dabei zeigen in etwas vereinfachter, nicht maßstäblicher Darstellung:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch ein Einspritzelement mit Teilen des Einspritzkopfes;

Fig. 2 eine Ansicht entsprechend Pfeil II in Fig. 1, wobei nur der Strömungsteiler am Zentralkörper — in vergrößertem Maßstab — dargestellt ist;

Fig. 3 einen Schnitt durch den Strömungsteiler entsprechend dem Verlauf III-III in Fig. 2.

Das Einspritzelement 1 ist Bestandteil des Einspritzkopfes eines Raketenantriebes, wobei in Abhängigkeit von der Triebwerksgröße und dem Triebwerkschub bis zu mehreren hundert dieser Elemente installiert und strömungstechnisch parallelgeschaltet sind. Jedes Einspritzelement 1 besteht aus zwei Hauptteilen, dem Zentralkörper 5 und der Hülse 2.

Durch den Zentralkörper 5 führt ein Strömungskanal, welcher in aller Regel vom Oxidator 13, hier beispielsweise LOX, durchströmt wird. Die eingangs des Kanales angeordnete Drossel 3 dient zur Einstellung des gewünschten Einspritzdruckverlustes und somit zur schwingungstechnischen Entkoppelung von Brennkammer und Fördersystem. Weiterhin dient sie zur Fixierung des nachgeordneten Dralleinsatzes 4, durch welchen der axialen Strömung des flüssigen Oxidators 13 eine Drehbewegung überlagert wird. Dieser Drall sowie die Strömungskanalgeometrie bis zur Mündung 16 führen dazu, daß sich der Oxidatorstrahl beim Eintritt in die Brennkammer definiert aufweitet und in viele Tropfen zerfällt. Im vorliegenden Fall ist beispielhaft eine Hohlkegelverteilung der Tropfen dargestellt, wobei dieser hohle Oxidatorkegel mit 23 bezeichnet ist.

Der Brennstoff 14, beispielsweise Kerosin oder

MMH, welcher im gegebenen Fall die schwieriger aufzubereitende Treibstoffkomponente sein soll, strömt aus dem Verteilerraum 15 über radiale Drosselbohrungen 7 in den Ringspalt 18. Anschließend spaltet der — hier an den Zentralkörper 5 angeformte — Strömungsteiler 12 den Brennstoffstrom mittels der Durchtrittskanäle 6 in mehrere, feine Brennstoffstrahlen 21 mit vorzugsweise runden Querschnitten auf, welche etwa im Bereich der Mündung 17 paarweise in definiertem Winkel aufeinanderprallen ("Impinging") und dadurch zu Tröpfchenfächern 22 zerfallen, welche wiederum weiter stromabwärts auf den Oxidatorkegel 23 treffen, sich mit diesem vermischen und anschließend — als möglichst homogenes Brennstoff-/Oxidatorgemisch — verbrennen.

Aus Gründen der Festigkeit, Zuverlässigkeit, Dichtigkeit und somit der Sicherheit sind die meisten Bauteile über flüssigkeits- und gasdichte Schweißnähte miteinander verbunden. Die den Zentralkörper 5 und die Hülse 2 verbindende Schweißnaht ist mit 9 bezeichnet. Die Hülse 2 ist mit der den Oxidator 13 und den Brennstoff 14 trennenden Grundplatte 19 über die Schweißnaht 8, mit der brennkammerseitigen Frontplatte 20 über die Schweißnaht 11 verbunden. Die Schweißnaht 10 schließlich fixiert die Drossel 3 im Zentralkörper 5.

Fig. 2 zeigt eine auf das Doppelte vergrößerte Ansicht des Strömungsteilers 12 am Zentralkörper 5 von der Brennkammerseite her. Es ist zu erkennen, daß acht gleichmäßig verteilte Durchtrittskanäle 6, d. h. vier Funktionspaare, vorhanden sind. Bei realen Ausführungen kann die Zahl der Funktionspaare selbstverständlich auch größer oder kleiner sein, wobei im Sinne einer Optimierung sicher Versuche erforderlich sein werden. Die Durchtrittskanäle 6 sind vorzugsweise als gerade "Bohrungen" mit rundem Querschnitt ausgeführt und können somit z. B. spanabhebend mittels Bohrer oder durch Funkenerosion hergestellt werden.

Fig. 3 zeigt einen Schnitt durch ein Funktionspaar, d. h. durch zwei zusammenwirkende Durchtrittskanäle 6. Man sieht, daß die Achsen der beiden Durchtrittskanäle 6 zueinander im Winkel stehen und sich stromabwärts, d. h. brennkammerseitig, des Strömungsteilers 12 in einem Punkt S schneiden. Im Bereich dieses Punktes treffen die Brennstoffstrahlen 21 unter Prallzerstäubung ("Impinging") aufeinander, wobei diese in Fig. 2 und 3 der besseren Übersichtlichkeit wegen nicht wiedergegeben sind.

Die genaue Geometrie der Funktionspaare, d. h. Prallwinkelgröße, symmetrische oder ggf. asymmetrische Kanalorientierung, Kanaldimensionen etc., wird zu ihrer Optimierung ebenfalls praktische Versuche erfordern.

#### Patentanspruch

Einspritzelement in Koaxialbauweise für Raketenbrennkammern und für Betrieb mit zwei Treibstoffen, wovon mindestens einer infolge niedrigen Dampfdruckes und/oder hoher Oberflächenspannung nur schwer in Tropfen zerfällt, insbesondere für Betrieb mit nicht-hypergolen Treibstoffen, wobei als Oxidator vorzugsweise Flüssigsauerstoff (LOX), als Brennstoff vorzugsweise Kerosin oder Monomethylhydrazin (MMH) verwendet wird, mit einem Zentralkörper für den leichter zerfallenden Treibstoff, normalerweise den Oxidator, dessen Strömungskanal am Austritt eine kegelförmige Tropfenverteilung erzeugt, mit einer den Zentral-

körper unter Bildung eines ringförmigen Strömungskanales für den schwerer zerfallenden Treibstoff, normalerweise den Brennstoff, konzentrisch umgebenden Hülse und mit einem zwischen Zentralkörper und Hülse angeordneten, den Treibstoffstrom in mehrere Einzelströme aufspaltenden Strömungsteiler, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungsteiler (12) eine gerade Anzahl gleichmäßig um den Zentralkörper (5) herum verteilter, relativ feine Treibstoffstrahlen (Brennstoffstrahlen 21) erzeugender, paarweise im Sinne einer Prallzerstäubung ("Impinging") zusammenwirkender Durchtrittskanäle (6) aufweist, wobei die — gedachten — Achsen jeweils zweier benachbarter, zusammenwirkender Durchtrittskanäle (6) sich stromabwärts des Strömungsteilers (12) und stromaufwärts ihrer — gedachten — Auftreffpunkte auf dem aus dem Zentralkörper (Mündung 16) austretenden Treibstoffkegel (Oxidatorkegel 23) schneiden (Achsenschnittpunkt S).

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

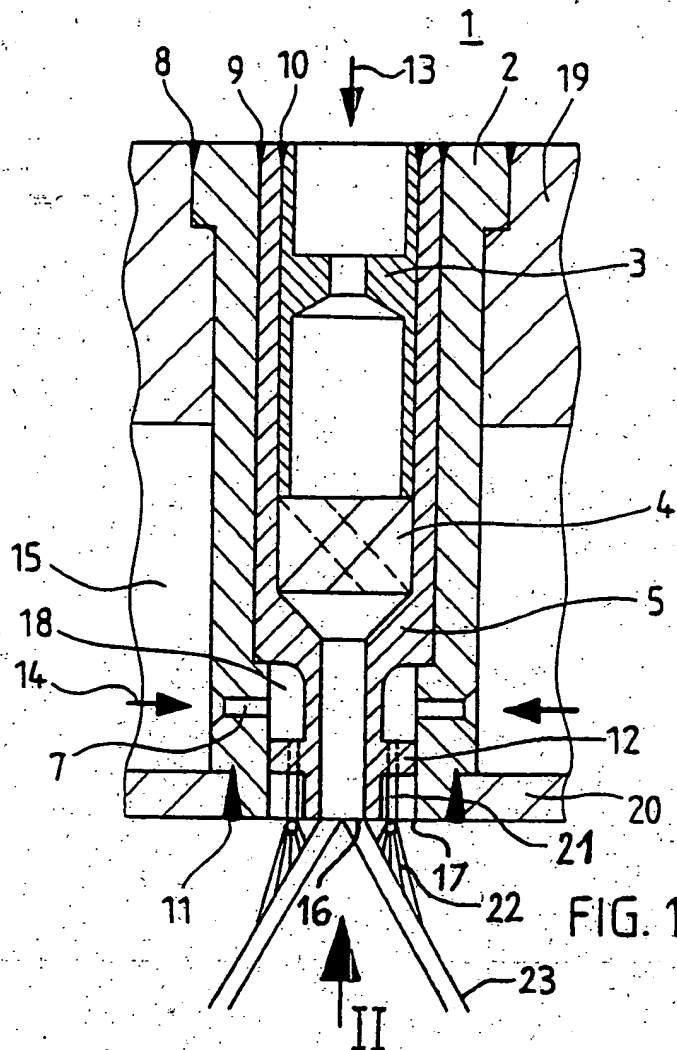


FIG. 1

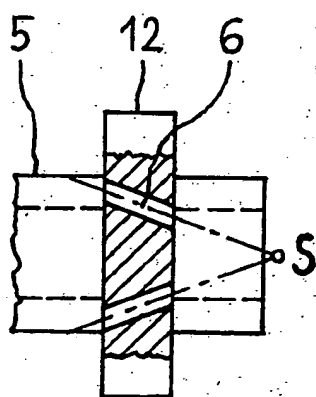


FIG. 3

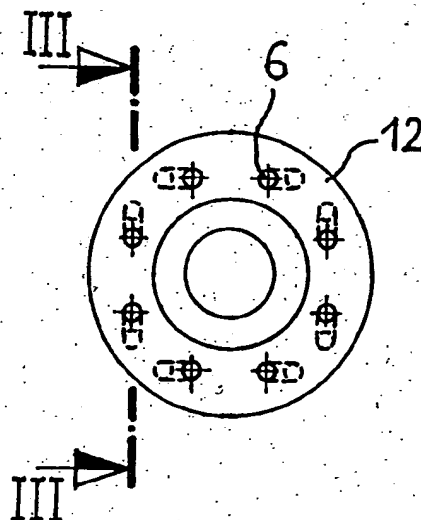


FIG. 2